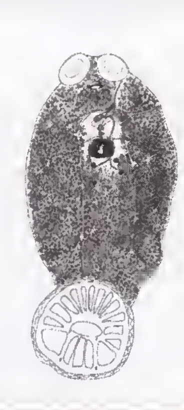


REFLEXIONES PARA UNA POLÍTICA SOBRE ORGANISMOS TRANSGÉNICOS EN MÉXICO: EL CASO DEL MAÍZ
Pág. 8



LOS PARÁSITOS EN EL CONTEXTO DE LA BIODIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN
Pág. 11



AÑO 6 NÚM. 34 ENERO DE 2001

BioDIVERSITAS

BOLETÍN BIMESTRAL DE LA COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



TRANSGÉNICOS

Los ORGANISMOS VIVOS MODIFICADOS avanzan rápidamente por la ruta que nace en la investigación básica, pasa por las aplicaciones industriales y termina en los alimentos de las mesas mayoritarias. Los transgénicos también recorren la confusa vereda que va de las revistas científicas a los pasquines de diversa índole. La biología no debe permanecer indiferente en el proceso de discusión ciudadana sobre la biotecnología y sus productos. Es mucho lo que el gremio puede perder en una discusión desinformada, pero es más aún lo que se puede ganar formando opinión. Los biólogos deben contribuir sistemáticamente a estos debates y ayudar a racionalizar los retos que plantea aislar y manipular genes para insertarlos en otros organismos y lograr la expresión de caracteres novedosos.

Jorge Larson Guerra*

TRANSGÉNICOS: CIENCIA Y CIUDADANÍA

Nuestra generación presencia una transformación paradigmática de las ciencias de la vida de equivalente profundidad a la que tuvo la teoría de la evolución en el siglo XIX. Pero sus consecuencias serán cualitativamente distintas para la humanidad y la vida en el planeta. Aquella revolución conceptual le dio a la biología una perspectiva teórica para desarrollarse y ubicó con mayor honestidad el lugar de nuestra especie entre los seres que habitan en la Tierra. Sin embargo, el nuevo paradigma tiene otros ejes: una visión de los seres vivos como información (el código genético para poseer y manipular); transformaciones de la vida con intensidad técnica nunca vista, así como una penetración de las ciencias de la vida como tecnologías aplicadas en todas las áreas de la producción primaria y la industria.



Plantación de algodón transgénico en la Comarca Lagunera
© Jorge Larson

Resulta un privilegio ver a las ciencias de la vida descubrir, descifrar y transformar con mayor precisión sus objetos de estudio. Es emocionante ver a la biología molecular y a la genética derribando dogmas y profundizando nuestra comprensión de los seres vivos. Las herramientas que posibilitan estas maravillas son las mismas que potencian nuestra capacidad intervencionista sobre la privacidad evolutiva. Nos movemos en un territorio fronterizo minado de contradicciones.

¿Qué es un transgénico?

Adoptada recientemente dentro del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad (2000), la definición encadena tres conceptos: el organismo vivo, el organismo vivo modificado y la biotecnología moderna. El organismo vivo es "cualquier entidad biológica capaz de transferir o replicar material genético, incluyendo organismos estériles, virus y viroides". El organismo vivo modificado (OVM) es "cualquier organismo que posea una combinación novedosa de material genético obtenida mediante el uso de biotecnología moderna". Finalmente, la biotecnología moderna es "la aplicación de: i] técnicas *in vitro* de ácidos nucleicos, incluyendo el ácido desoxirribonucleico (DNA) recombinante y la inyección directa de ácidos nucleicos a células u organelos, o ii] la fusión celular más allá de la familia taxonómica, tales que sobrepasan barreras naturales fisiológicas, reproductivas o de recombinación y que no sean técnicas utilizadas en la selección y el mejoramiento tradicional".

Dentro del organismo vivo se incluyen organismos estériles, virus y viroides para evitar interpretaciones sobre la capacidad de transferir y replicar genes que pudieran tener ciertos organismos modificados, mismas que podrían dar lugar a subterfugios para evitar las evaluaciones de riesgo, el etiquetado o las notificaciones. El punto central del OVM es su novedad y no la técnica mediante la cual fue creado; esta posición fue impulsada por México durante la negociación del Protocolo. El concepto de novedad establece una relación positiva con



© Jorge Larson

las derechos de propiedad intelectual relacionados con OVM: si no es novedoso no es candidato a protección y si es patentado o protegido entonces es novedoso y se deben evaluar sus riegos. La relación establecida permite ubicar a quienes producen, utilizan o poseen OVM con el fin de identificar claramente a los responsables de estos nuevos productos biotecnológicos. Finalmente, la novedad debe ser producida mediante biotecnología moderna, definición cuyo sustento es que se sobrepasen las barreras naturales de la recombinación. Sin embargo, en la definición hay dos incisos que semejan una lista de biotecnologías modernas. México se opuso constantemente a esta estrategia ya que la definición de lo que es un OVM es la primera delimitación del ámbito del Protocolo. Con el tiempo y la experiencia veremos los efectos de esta definición y están también por verse las implicaciones del concepto de familia taxonómica utilizado o los parámetros que separan lo tradicional de lo moderno en materia de selección y mejoramiento genético. La definición de la biotecnología moderna introduce ciertos recovecos en el Protocolo. México buscó en Montreal (1998) y Cartagena (1999) una definición más amplia de la biotecnología moderna porque es más importante la calidad de un organismo nuevo que la manera en que fue creado. También en la genética vale más la calidad que la cantidad.

Las biotecnologías van a seguir cambiando rápidamente, pero el interés de evaluar y manejar riesgos se relaciona con la novedad de los productos. En nuestro país se está discutiendo la legislación y regulación de la bioseguridad: podemos suponer una definición sutil pero sustancialmente diferente de la del Protocolo. Será más útil para el país una definición amplia que no caduque junto con las tecnologías sino que nos mantenga actualizados respecto a la novedad de los productos de la biotecnología. Tampoco es sano tener una definición que regula el proceso de producción y no el producto: se coloca a la regulación ambiental en una lógica inversa a la comercial, en la que se evalúa el producto y no el proceso.

De cualquier manera, en el ámbito internacional esta definición delimitará por unos años qué organismos serán sujetos de notificaciones entre estados y de evaluaciones de riesgo antes de realizar un movimiento transfronterizo de transgénicos. Éste es un ejemplo claro de que las ciencias de la vida han entrado de lleno en el terreno de las leyes, las obligaciones y la diplomacia internacional.

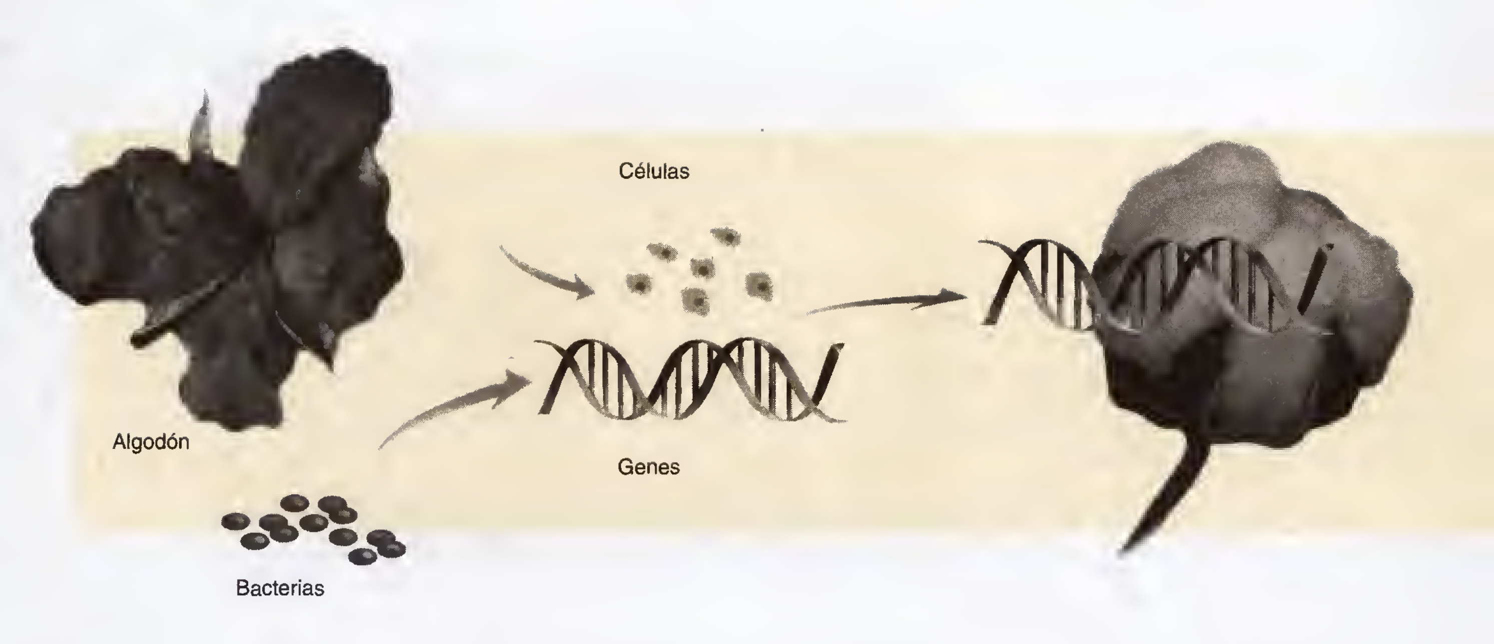
Los biotecnólogos han participado activamente en estas discusiones, pero muchas otras disciplinas deberían interesarse en opinar. La delimitación que hagamos de los diversos ámbitos de la bioseguridad tendrá implicaciones importantes para la investigación básica y aplicada. En esta discusión la biología tiene mucho que decir.

México en la negociación del Protocolo

La construcción de la posición de México involucró a más de diez direcciones generales en cinco secretarías de Estado, consulta con científicos del Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola, así como consultas informales con los sectores social y privado, particularmente con Greenpeace-México y el grupo Pulsar (ahora Savia). La premisa que sustentó la posición de

© Jorge Larson





nuestro país fue que somos uno de los centros de origen y diversidad de plantas cultivadas, y de ahí nuestro compromiso con el Protocolo como instrumento de carácter ambiental emanado del Convenio sobre la Diversidad Biológica y con el principio precautorio aplicado con bases científicas. El primer logro de esta posición fue que México se sentó en la mesa con los países que eventualmente se conocieron como el grupo comprometido con el Protocolo, entre los que estaban Japón, Corea, Noruega, Nueva Zelanda y Suiza. Las presiones para que nos acercáramos al grupo de Miami no fueron pocas y resistirlas fue posible gracias a que llegamos con una posición claramente distanciada de la de los agroexportadores de granos transgénicos.

La negociación fue intensa y, para la primera mitad de la reunión de Cartagena, en el Preámbulo no había mención alguna de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación. México realizó una escaramuza diplomática para lograr el considerando siguiente: "Reconociendo también la crucial importancia que tienen para la humanidad los centros de origen y los centros de diversidad genética". El lenguaje preambular es auxiliar en la interpretación del texto legal: esto evidentemente nos debe ayudar a aplicar el principio precautorio en casos como el maíz o las calabazas, pero el uso real que le demos dependerá más de lo que hagamos dentro del país que del Protocolo mismo.

De manera constante se valoró la relación del Protocolo con nuestra realidad para promover soluciones administrativas acordes con nuestra institucionalidad. Finalmente, se trabajó intensamente en el asunto de la responsabilidad y la indemnización, asunto que aún llevará algunos años en el marco del Protocolo. Sin embargo, el tema sigue pendiente en la agenda nacional. El Protocolo es un instrumento para regular el movimiento transfronterizo de los transgénicos; la obligación de regularlos para evitar riesgos a la diversidad biológica es un asunto de conservación *in situ* que debemos cumplir en todo el ámbito nacional.

Niveles de riesgo para la diversidad biológica

Los nuevos organismos tienen combinaciones de material genético que no se habrían producido de manera natural y pueden ser liberados al medio ambiente; es más, muchos de éstos tienen aplicaciones que implican su liberación al medio ambiente. Existe una amplia tradición de bioseguridad para el trabajo en laboratorio con microorganismos patógenos y estas prácticas se pueden adaptar a la producción industrial confinada en laboratorios. Sin embargo, no existe una cultura de bioseguridad respecto al manejo de organismos modificados en el medio ambiente. ¿Vamos a clasificar los niveles de riesgo para la diversidad biológica? ¿Qué criterios utilizaremos? Evidentes son la patogenicidad, la toxicidad y la compatibilidad reproductiva entre el transgénico y sus congéneres. Otros más sutiles son la irreversibilidad de la liberación al medio ambiente, los efectos inesperados y las transformaciones que tienen que ver con los sistemas reproductivos o las hormonas de crecimiento. La clasificación de los niveles de riesgo es una tarea clave para llegar a una racionalización de los posibles efectos sobre la diversidad biológica.

Riesgos ecológicos

La biología evolutiva, entendida de forma amplia e incluyente, tiene la responsabilidad de participar de manera informada, crítica y propositiva en el debate de los transgénicos. Sin esta contribución será muy difícil construir una política de Estado coherente en esos espacios de decisión donde se juntan la biotecnología y la diversidad biológica. Justo es reconocer que muchos científicos independientes y organizados han contribuido a estos deba-


Algodón transgénico

tes; resaltan la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, la Sociedad Botánica de México y la Academia Mexicana de Ciencias. Sin embargo, insisto en que las ciencias de la vida deben ayudar sistemáticamente a racionalizar las implicaciones de la biotecnología moderna y sus productos para evitar que fundamentalismos de diversa índole ocupen el nicho vacío. Los costos de esta ausencia pueden ser altos para la investigación básica y aplicada.

Las aristas de la bioseguridad

La agenda es amplia ya que se relaciona con temas como los derechos de los consumidores y los agricultores, la libertad de investigación, el acceso a la información, la ética, el uso de plaguicidas y herbicidas, la conservación de los recursos biológicos nacionales, la producción primaria en ambientes extremos y marginales, nuestro desarrollo biotecnológico y las políticas de propiedad industrial. En todos estos asuntos la biología tiene mucho que decir. Nutrir el debate dentro de las ciencias de la vida seguramente elevará el nivel de las discusiones en los medios y alimentará positivamente la construcción de políticas públicas racionales de bioseguridad.

Los biólogos estamos iniciándonos en los territorios de la responsabilidad profesional. El ingeniero que calcula mal un puente o el médico negligente tienen que enfrentar las consecuencias de sus actos. La biología debe profundizar en este aspecto de su actividad profesional antes de que la realidad nos lleve al tema con casos que lamentar. La responsabilidad jurídica promoverá un ejercicio responsable de la aplicación de las nuevas tecnologías. El terreno de la responsabilidad y la indemnización por daños es un asunto relevante en materia de biotecnología pero no lo es menos en el derecho ambiental en general.

Liberación al medio ambiente

En la decisión específica de liberar al medio ambiente un "bicho" novedoso la última palabra la deben tener grupos interdisciplinarios donde estén bien representadas la ecología evolutiva, la biogeografía y la biotecnología. También se debe construir la institucionalidad para que, una vez evaluados los riesgos, éstos sean manejados responsablemente y se establezca un monitoreo de largo plazo respecto a sus efectos sobre el medio ambiente y la diversidad biológica de México. Paradójicamente, el potencial predictivo de la ecología evolutiva sobre los riesgos es a un tiempo vigoroso y especulativo. De ahí la necesidad de proceder con inteligencia y precaución, construyendo políticas coherentes sobre lo que podemos predecir y sobre la experiencia que se va acumulando. Respecto a los beneficios es fundamental evaluarlos adecuadamente para colocarlos en la balanza y tomar decisiones útiles para el país en términos de costos y beneficios a mediano y largo plazos.

Mezclando los reinos de la vida

Para los biólogos también es muy importante reconocer que si bien las plantas, en el terreno de la agricultura, son la vanguardia en estos asuntos, veremos desarrollos biotecnológicos basados en organismos de todos los reinos de la vida. Esto implica que para poder evaluar los riesgos se requiere conocer la historia natural de los organismos involucrados en la producción de cualquier transgénico, el origen de los genes que se insertan y la biología del organismo receptor. No habrá biólogo capacitado para evaluar los riesgos de todo lo que vendrá. Sin interdisciplina y una participación amplia será difícil valorar adecuadamente riesgos para la biodiversidad y beneficios productivos y ambientales.

La CONABIO ha financiado centenares de proyectos que nutren un sistema de información biológica. Estos datos ya se comienzan a utilizar para evaluar los riesgos de transgénicos que son mayoritariamente

Jitomates, maíces y algodones

Hace ya más de 12 años que en nuestro país se sembró por primera vez un transgénico: fue un jitomate con genes de una bacteria llamada *Bacillus thuringiensis* (Bt), mismos que codifican para la expresión de una proteína cristalina tóxica para algunas plagas. El experimento fue realizado por Campbells-Sinalopasta y sólo duró una temporada.

Tres años después siguieron pruebas del jitomate FlavrSavr™, con una modificación antisentido de RNA que retrasa la maduración del fruto (se anula la expresión de un gen más que introducir uno nuevo). Después de varias temporadas de evaluación agronómica, las variedades de Calgene y Zeneca que tienen la modificación resultante de la tecnología del FlavrSavr™ fueron desreguladas, es decir, se les liberó de la supervisión del Estado. Hasta ahora, esta experiencia parece haber sido neutra en sus efectos ambientales, sanitarios y comerciales. El hecho de que haya sido desregulado y que los mexicanos lo hayamos consumido durante años, ya sea fresco o en productos derivados, plantea muchas preguntas en torno a los alcances de la desregulación, del derecho a la información y de los derechos de los consumidores, interrogantes que con el tiempo habrá de responder la recientemente creada Comisión Intersecretarial de Bioseguridad y Organismos Modificados Genéticamente. Aun hoy resulta justo que se nos informe si estamos consumiendo estos jitomates.

Desde la perspectiva específica de la diversidad biológica es importante saber si hubo un monitoreo preciso de estos organismos en el medio ambiente. La posibilidad de que se transfiera el carácter novedoso a los parientes domesticados o silvestres del jitomate es baja debido a que sus sistemas reproductivos tienden a la incompatibilidad y la autopolinización. Sin embargo, una liberación involuntaria al medio ambiente puede suceder mediante muchos mecanismos. ¿Se han establecido poblaciones ferales de este jitomate en el país? ¿Qué efectos podría tener la maduración retardada en variedades criollas cultivadas en temporal o sobre poblaciones silvestres? Estas son preguntas que no podremos contestar sin un monitoreo permanente de la diversidad biológica, incluidos los transgénicos. Sería penoso que el año 2025 un biólogo quisiera hacer su tesis sobre los efectos de largo plazo de los organismos vivos modificados y no se le pudiera dar información precisa y materiales de referencia adecuados (por ejemplo, fechas, localidades, semillas viables y secuencias insertas).

Para la biodiversidad, lo más preocupante es la poca variedad de jitomates disponibles en los mercados de la región que fue su centro de origen. Italia, por ejemplo, tiene ahora una gran diversidad de jitomates en sus estantes: nosotros sólo tenemos tres o cuatro. ¿Cómo actuar para detener y revertir la pérdida de diversidad genética en la agricultura? La respuesta no está en la bioseguridad sino en la planeación de largo plazo de la oferta agrícola nacional y de la cultura alimentaria que desarrollará México en el largo plazo. En este asunto de seguridad nacional enfrentamos un largo proceso en el cual tendrán que definirse derechos y obligaciones para todas las formas que tiene en nuestro país la agricultura.

Las primeras solicitudes para hacer evaluaciones de campo en México catalizaron la creación del Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA), grupo interdisciplinario de científicos que ha adquirido experiencia en la evaluación de riesgos. Este grupo autorizó entre 1993 y 1998 algunos experimentos con maíz modificado en invernaderos contenidos de alta seguridad y en el campo, con la estricta restricción de cosechar antes de la floración del maíz.



Mercado de San Remo, Italia.

© Fulvio Eccardi

productos privados. La información de estos proyectos es un patrimonio público cuyo uso en este contexto está plenamente justificado por razones de seguridad nacional. Sin embargo, no debemos perder de vista que es costoso consolidar los inventarios biológicos de México. Esta situación pone sobre la mesa la disyuntiva de cobrar o no por el uso de esta información. De no hacerlo se debe garantizar un presupuesto suficiente para consolidar las capacidades de la CONABIO en esta materia; si se opta por el cobro, se deben establecer reglas para garantizar que los fondos obtenidos sustenten el proyecto de información para la evaluación de riesgos que está implementando la CONABIO.

Bioseguridad y conservación de la diversidad genética

En cualquier caso, debemos tener claro que pretender la conservación de los recursos genéticos a partir de la regulación de los OVM es iluso-

En 1998 el CNBA tomó la decisión de suspender cualquier experimento con maíz transgénico en el campo mexicano.

Aplicando el principio precautorio con bases científicas, un grupo de profesionales comprometidos estableció una moratoria *de facto* a cualquier liberación al medio ambiente de maíz transgénico. Para cambiar esta decisión no sólo habrá de construirse un amplio y difícil consenso: primero habrá que establecer una política racional para la conservación *in situ* de los maíces criollos del México indígena y campesino.

Nuestro país importa maíz y sus derivados para uso en la industria alimentaria. Vienen mezclados transgénicos e híbridos tradicionales cuyo bajo precio beneficia a algunos, al mismo tiempo que destruye la economía maicera de temporal. La producción de la franja maicera norteamericana, sea o no transgénica, está fuertemente subsidiada de múltiples maneras: más de cincuenta años de investigación y apropiación de germoplasma, estímulos directos, insumos energéticos y costos ambientales no considerados en los precios. En mi opinión, hay muestras claras de un *dumping* ecológico que justificaría ampliamente una medida comercial para elevar los precios internos de los maíces que son cultural y biológicamente importantes para México. No hablo de un subsidio generalizado o precios de garantía, sino del apoyo a los agricultores temporaleros mediante la promoción de la conservación *in situ* y de los mercados para los maíces nuestros. En el marco de los acuerdos comerciales multilaterales hay terreno para construir este proceso. Lo que falta es consensar una política coherente para la agricultura del país. La diversidad del maíz está intrínsecamente relacionada con nuestra cultura alimentaria y, al igual que en el caso de los jitomates, para conservar *in situ* estos recursos fitogenéticos se requiere una sinergia planeada entre el Estado, los productores y los consumidores.

El caso del algodón transgénico Bt en Tamaulipas y la Comarca Lagunera muestra otra cara de la moneda. El beneficio ambiental obtenido hasta ahora tiene valores ambientales incontestables. El cultivo del algodón ha sido el mayor consumidor de insecticidas en el mundo y el uso de estas tecnologías reduce sustancialmente el número de aspersiones. Por primera vez en la historia de la región Lagunera el cultivo del algodón consume menos insecticidas que el maíz y las hortalizas. Enhorabuena, pero debemos avanzar en evaluar los efectos positivos o negativos de los defoliadores químicos utilizados y en la posible adopción de transgénicos con resistencia a herbicidas. Las preguntas ecológicas se modifican cuando cambia el rasgo novedoso del transgénico y con la intensidad tecnológica de los procesos productivos.

Quiero insistir en mi punto de vista. El eventual etiquetado del jitomate transgénico no nos devolverá la diversidad de los jitomates al campo o a nuestras mesas. Prohibir la siembra de maíz transgénico en México no implica que tengamos una política de Estado que proteja la diversidad del maíz para nuestro sustento cultural y para el futuro de la humanidad. Los apoyos dados por el Estado al cultivo de algodón transgénico se justifican por los beneficios ambientales logrados en entornos altamente contaminados, pero esto sólo evidencia la ausencia de apoyos para los productores orgánicos o para los que trabajan con algodones tradicionales de color natural.

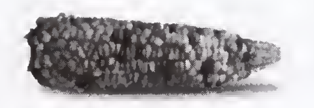
Es decir, que la bioseguridad es una práctica para evitar y manejar riesgos pero de ninguna manera constituye una política de conservación de los recursos genéticos; que cada paso que demos en materia de conservación sea en realidad una preocupación menos en materia de bioseguridad.

rio. Son muchos los procesos que inciden sobre la pérdida de diversidad genética y los transgénicos no son ni de lejos la principal amenaza. Es mucho más urgente orquestar acciones concretas de conservación *in situ* y *ex situ* de recursos genéticos mexicanos, articuladas con las políticas de producción en el sector primario.

La tragedia ambiental es conocida de todos y sus causas están íntimamente ligadas a las políticas que han prevalecido en el campo mexicano. La biotecnología y sus productos no son el nuevo enemigo a vencer. Pueden ser aliados si en la delineación de su desarrollo nacional participan activamente sectores más amplios de las ciencias de la vida. En el siglo XX presenciamos un desarrollo biológicamente desordenado en el México rural, con costos ambientales muy altos. Apenas estamos a tiempo para iniciar acciones que eviten que esto se repita en el siglo que comienza.

La relación entre biodiversidad y biotecnología tiene muchos más aspectos positivos que negativos. Una parte de la población comienza a percibir más riesgos y privatizaciones que beneficios colectivos. Si la sociedad ha de compartir una postura positiva respecto al uso de la biotecnología, las ciencias de la vida no pueden darse el lujo de permanecer indiferentes.

*Biólogo de la Facultad de Ciencias de la UNAM y colaborador de la CONABIO. Fue coordinador técnico de la delegación mexicana a la negociación del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad.



Daniel Piñero*

REFLEXIONES PARA UNA POLÍTICA SOBRE ORGANISMOS TRANSGÉNICOS EN MÉXICO: EL CASO DEL MAÍZ





Fotos: © Fulvio Eccardi

La introducción de una nueva tecnología al mercado tiene siempre ventajas y desventajas. Debemos recordar, sin embargo, que la mayoría de las tecnologías que utilizamos tienen o pueden tener riesgos. En ocasiones, la utilización de tal o cual nueva tecnología ha tenido un costo muy elevado, pero por otro lado es difícil demostrar que algo no hace daño. ¿Quién afirmaría, por ejemplo, que los teléfonos celulares no causan ningún problema a la salud? Demostrar que algo es la causa de un fenómeno es más simple. Esta disyuntiva la enfrentan también la biotecnología y los organismos transgénicos. La demostración de que un determinado organismo no es dañino es imposible porque no se pueden hacer todos los experimentos que se requerirían para ello.

Algunas definiciones

Los transgénicos (también llamados organismos vivos genéticamente modificados) son organismos que tienen en su material genético genes que de forma natural no podrían entrar a su acervo. Por ejemplo, si tenemos un gene de un hongo transferido por tecnología de ADN recombinante a una papa, llamaríamos a la papa transgénica. La papa puede adquirir genes de otras razas o especies de papa por una cruza con ellas o por la unión de sus granos de polen con los óvulos de las otras papas, pero no hay ninguna forma de intercambio de genes entre un hongo y una papa, por lo que la transferencia de ellos estaría violando las barreras naturales de la reproducción.

La tecnología de ADN recombinante pone dentro del organismo vivo modificado no solamente el gene que interesa introducir para incrementar el rendimiento agronómico o la calidad alimentaria, sino también otros genes que están dentro del vehículo (una molécula de ADN circular que se utiliza para introducir y manipular los genes en forma mas fácil). Estos vehículos tienen, entre otros genes, algunos que confieren resistencia a ciertos antibióticos a las bacterias que los portan.

México es un país de alta diversidad biológica, esto es, tiene una gran cantidad de especies animales y vegetales; por ello se le llama un país megadiverso. Dentro de esta gran cantidad de especies están incluidas muchas que son parientes silvestres de las especies cultivadas. Entre ellas se encuentran el

Una política para la evaluación de organismos transgénicos debe determinar cuáles son los beneficios para la sociedad y las comunidades rurales que los producirían y cuáles serían los costos.

---

maíz, el frijol, la calabaza, el tomate, etc. Así, en México tenemos decenas de especies silvestres que son parientes de las especies cultivadas, lo que quiere decir que en muchos casos se pueden cruzar entre ellas en forma natural, simplemente con que los granos de polen de una de ellas se pongan en contacto con los estigmas de la otra.

Análisis básico: costo/beneficio

Una política para la evaluación de organismos transgénicos debe incluir como un primer aspecto un análisis de costo-beneficio. Se debe determinar cuáles son los beneficios para la sociedad y las comunidades rurales que los producirían y cuáles serían los costos. Estos últimos se pueden dividir en dos grandes sectores: los costos asociados a la salud humana y aquellos asociados a la salud de los ecosistemas. En este contexto, considero que un análisis de las condiciones del maíz podría dar luz acerca de las políticas generales que, como país, debería adoptar México.

Los tipos de maíces transgénicos

Hay dos tipos de maíces transgénicos que actualmente se podrían producir en México. El primero de ellos contiene un gene de la bacteria *Bacillus thuringiensis* que codifica para una proteína que tiene una actividad de insecticida. El segundo contiene un gene que proporciona resistencia a herbicidas.

En el caso del maíz que contiene la proteína que confiere resistencia a ataques de insectos, la ventaja en principio parece obvia porque una alta proporción de la producción de maíz se pierde por ese tipo de herbivoría. Desgraciadamente la resistencia se ha probado con insectos que atacan el maíz cultivado en Estados Unidos y no tenemos pruebas de que esa resistencia sirva para proteger el maíz de los insectos que lo atacan en México. Así, las ventajas del maíz transgénico no están claras en nuestro país ni para la sociedad ni para los campesinos que lo sembrarían.

En el caso del maíz transgénico que contiene un herbicida, sabemos que los resultados experimentales, en Estados Unidos, muestran un incremento en el rendimiento de los maíces cuando se usan insecticidas, porque matan las malas hierbas que de otra manera crecerían a su lado e impedirían la absorción de nutrientes, agua y luz fundamentales para el crecimiento vegetal. Otra vez, en México estas ventajas no se han demostrado en condiciones experimentales y por lo tanto el país no tiene criterios para determinar en forma cuantitativa cuáles serían los beneficios de introducirlas ni para la sociedad ni para el agricultor.

Los riesgos para la salud en ambos casos son parecidos. Los genes de resistencia al herbicida o los genes de resistencia a insectos no parecen tener ningún riesgo para la salud humana, pero la pregunta que se hacen los investigadores es la siguiente: ¿en una sociedad que usa tantos antibióticos para protegerse de bacterias patógenas, cuál es el riesgo de incluir los genes continuamente en nuestra dieta? La respuesta teórica a esta pregunta es un fenómeno demostrado en 1927 que se llama transformación genética en bacterias, por el que se demostró que el ADN libre en el medio puede entrar a las células bacterianas e incorporarse al cromosoma bacteriano. En este caso le conferiría la resistencia a los antibióticos utilizados. Es decir, las bacterias de nuestro organismo estarían expuestas a pedazos de ADN que les conferirían resistencia a diversos antibióticos y esto puede a la larga ser un risego para nuestra salud.

Los riesgos para el ambiente en ambos casos son un poco diferentes. La razón es que mientras el herbicida estaría en el ambiente un tiempo similar al de su permanencia en el mercado (normalmente estos compuestos duran unas pocas décadas en el mercado), por otro lado los insectos estarían en el medio un tiempo mucho mayor. La teoría de la selección natural nos dice que si la presión de selección (el insec-

No debiera sembrarse maíz transgénico hasta no garantizar un riesgo cero y un beneficio claro para nuestro país, sobre todo para los agricultores que viven y han vivido por centenares de años de sembrar tan importante cultivo.



to o el herbicida) se mantiene en el ambiente, se va a desarrollar una resistencia a ella. En el caso del insecto, sus poblaciones desarrollarían en unas pocas generaciones (como pasó con el DDT) una resistencia genética a la proteína de *Bacillus thuringiensis*. En el caso del herbicida, la resistencia que pudiera desarrollarse en las poblaciones con el gene de resistencia al herbicida sería menos probable porque la presión selectiva desaparecería al desaparecer el herbicida del mercado.

Existe un riesgo adicional en especies que tienen parientes silvestres cerca de las plantas transgénicas que tiene que ver con el riesgo de que los genes transgénicos se pasen a los parientes silvestres por medio de la reproducción sexual entre ellas (que es común en muchos casos). Mantenerlos separados es muy difícil porque otra vez las reglas básicas de la evolución nos dicen que sólo es necesario que en cada generación se crucen dos individuos adultos de las dos poblaciones para que a la larga compartan todos sus genes (incluyendo los transgénicos). Así, si se siembra maíz transgénico en lugares donde se puede cruzar con parientes silvestres sólo es necesario que pase el tiempo para que los genes trangénicos se transfieran a los parientes silvestres. Las implicaciones de esto son aparentes si consideramos que los parientes silvestres del maíz, por ejemplo el teozintle, pueden incorporar genes que les confieren resistencia a herbicidas o a insectos y que por ello los harían una especie de supermalezas.

Conclusiones

Por lo anterior, creo que es claro que en un país de alta diversidad de parientes silvestres de maíz, en el que los beneficios agronómicos no están definidos ni estudiados y donde existen riesgos conocidos y desconocidos en materia sanitaria y ambiental, no debiera sembrarse este tipo de maíz hasta no garantizar un riesgo cero (aquel en el que no existen riesgos ni ambientales ni para la salud) y un beneficio claro para nuestro país y sobre todo para los agricultores que viven y han vivido por centenares de años de sembrar tan importante cultivo. Esta conclusión no quiere decir que debemos rechazar definitivamente la biotecnología, sino que por ahora la debemos rechazar, hasta garantizar que en el futuro la podremos usar sin riesgos y en beneficio de nuestra sociedad.

*Departamento de Ecología Evolutiva, Instituto de Ecología, UNAM.

Gerardo Pérez-Ponce de León y Luis García Prieto*

LOS PARÁSITOS EN EL CONTEXTO DE LA BIODIVERSIDAD Y LA CONSERVACIÓN

El conocimiento de la diversidad biológica es un aspecto que día a día adquiere mayor importancia tanto para la comunidad científica como para la sociedad en general, independientemente de la escala a la que ésta pretenda ser abordada (a nivel local, regional, de una región biótica, de un país, etc.). Las crecientes iniciativas sobre biodiversidad, entendida ésta como la variedad y variabilidad entre los seres vivos, incluyendo el número de especies, de clados (= grupos monofiléticos), la variación genética intraespecífica y la diversidad "funcional", invariablememte abordan la siguiente pregunta: ¿cuántas especies de organismos habitan en la Tierra? Desafortunadamente esta pregunta no puede ser contestada con el grado de conocimiento que actualmente se tiene, especialmente para algunos grupos, ya sea por su enorme diversidad y riqueza específica, por la falta de estudios sistemáticos sobre ellos, o bien por una combinación de ambos factores. No resulta difícil imaginar el enorme beneficio que arrojaría un pleno conocimiento de la biodiversidad que existe en el planeta, tanto para la comunidad científica como para la sociedad en general .

El valor de la biodiversidad

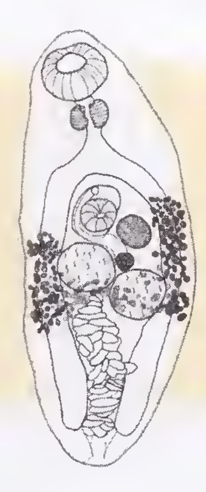
La biodiversidad puede ser "valorada" de maneras diferentes; algunas especies tienen valor porque producen un beneficio económico directo, en forma de bienes comercializables tales como el ecoturismo, así como la materia prima para la investigación y generación de productos de diversa índole. La elaboración de medicinas y agentes de control biológico a partir de materia prima obtenida en tierras vírgenes es una actividad común en varios sectores productivos. Otras especies tienen valor porque proporcionan al ecosistema diferentes servicios, tales como la biodegradación de desechos agrícolas o la fijación del nitrógeno. Otras más tienen valor porque proveen la recreación (física e intelectual) necesaria para mantener el equilibrio en la sociedad. Asimismo, muchas especies son esenciales para el bienestar y la permanencia de especies que tienen un valor más directo para el hombre, lo que determina su importancia. A partir de lo anterior, podemos concluir que no existe una forma objetiva de asignar un valor a la biodiversidad y que, por ende, es prácticamente imposible señalar que unas especies son más importantes que otras. En este sentido, los parásitos conforman un grupo de organismos a los que podría otorgárseles algún tipo de "valor", a partir de lo señalado líneas arriba; el propósito de este ensayo es mostrar que los parásitos representan un componente importante del inventario de la diversidad biológica del planeta y, además, señalar la utilidad que tienen éstos al proveer información adicional de gran calidad para la toma de decisiones sobre el manejo y la conservación de los recursos naturales.

El parasitismo como forma de vida

El parasitismo representa una de las formas de vida más exitosas sobre el planeta. Con base en datos obtenidos a partir de insectos en Gran Bretaña, se presume que al menos 50% de las especies de plantas y animales que habitan la Tierra tienen esta forma de vida. Los parásitos constituyen uno de esos grupos en donde cualquier cálculo so bre biodiversidad resulta subestimado. A la pregunta ¿cuántas especies de parásitos existen? debe adicionarse otra: ¿cuántas especies de plantas y animales están parasitadas?; estimaciones de Esch y Fernández (1993) apuntan que la totalidad de éstos lo estaría, es decir, prácticamente cualquier organismo que sea estudiado albergará interna o externamente al menos algún tipo de parásito en su cuerpo. El nú mero de especies de parásitos en un hospedero depende de varios factores interrelacionados, algunos atribuibles al hospedero, otros al ambiente en el que éste vive y algu nos inherentes a la biología del pa-



Koranacantha mexicana





rásito mismo, por lo que la fauna parasitaria puede aportar una nueva dimensión al entendimiento de las interacciones ecológicas, al de los patrones de distribución de los hospederos y al de la compleja historia de muchas regiones y biotas.

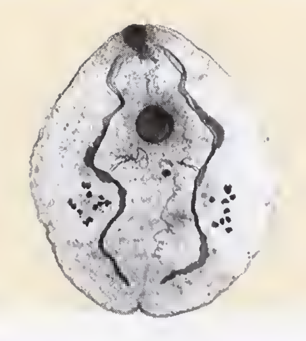
Cuantificar el número de especies de parásitos que habitan en la Tierra no es, por supuesto, una tarea sencilla. El primer problema deriva de la concepción misma del término parásito. Price (1980) ha señalado que probablemente existen tantas definiciones de parásito, como libros de parasitología en el mundo. Las definiciones de este término tradicionalmente se han basado en algún aspecto ecológico de la relación parásito-hospedero, sea ésta la forma de alimentación y por tanto la dependencia metabólica que establecen, la especificidad por el hábitat que ocupan en sus hospederos o bien el efecto dañino que producen. Por muchos años se han buscado los rasgos que caractericen a un organismo parásito de manera precisa, sin haberlos definido. Recientemente, Brooks y McLennan (1993) señalaron que la respuesta a este enigma se encuentra en la biología evolutiva: los parásitos no representan un grupo monofilético. Debido a la inevitable y estrecha asociación de los términos parásito y enfermedad, en la historia y en la mente humana, a los parásitos se les ha asignado el mismo rango taxonómico que tienen grupos naturales como los mamíferos y las aves y, puesto que los parásitos no son un grupo natural, la búsqueda de las características que definen al "grupo" no arroja resultados consistentes. Debido a lo anterior, la cuantificación de especies de parásitos dependerá en gran medida del concepto que el investigador aplique a las entidades que estudia.

Parásitos, biodiversidad y conservación

Las evaluaciones sobre biodiversidad global establecen la existencia de entre 30 y 100 millones de especies, representadas principalmente por artrópodos; si la naturaleza ubicua de los nemátodos zooparásitos de vertebrados e invertebrados fuera considerada, es claro que los parásitos conformarían una faceta sustancial de la biodiversidad que no ha sido evaluada en detalle. Aun cuando se conoce poco sobre la sistemática, distribución e historias de vida de parásitos y a pesar de que la información obtenida ha sido de interés principalmente para los parasitólogos, ahora se le considera un complemento que contribuye a aumentar el conocimiento acumulado de los organismos de vida libre con los cuales éstos interactúan. Así, los datos obtenidos a partir de estudios parasitológicos sobre la evolución de interacciones ecológicas y de estructura de la comunidad, han determinado que la parasitología constituya una parte integral de programas de investigación sobre biodiversidad.

A pesar de lo anterior, la asociación de los términos parásito-enfermedad-hombre, aunque generalmente mal concebida por los biólogos y por la sociedad, ha puesto en desventaja considerable el papel que los parásitos pueden tener en programas de investigación que intenten inventariar la diversidad biológica, sobre todo cuando éstos son contrastados con grupos de organismos representantes de la "megafauna carismática" tales como los vertebrados, las plantas, los hongos y las mariposas. Desafortunadamente, la presencia de organismos patógenos representa una amenaza para la biodiversidad en general y para la conservación de recursos genéticos, principalmente aquellos de importancia económica, hecho que ha sido documentado recientemente.

Desde el punto de vista de la salud pública, cabe destacar que miles de millones de personas en el mundo padecen enfermedades causadas por distintos tipos de patógenos (virus, bacterias, protozoarios, gusanos y hongos). En muchas ocasiones, haber abordado esta problemática sin un adecuado conoci-



De izquierda a derecha:

Digéneo parásito de anfibios de México
Tomado de Gerardo Pérez-Ponce de León

Glypthelmins hepatica
© Ulises Raso Mendivil

Winteria pacifica
© Gerardo Pérez-Ponce de León

miento de la sistemática (identifcación taxonómica y determinación de relaciones evolutivas) de los agentes causales ha determinado la ineficacia de los tratamientos, en virtud de que el patógeno específico no fue particularmente el blanco de tales tratamientos. Desde un punto de vista antropocéntrico, el conocimiento de la diversidad de parásitos permitirá evaluar el riesgo potencial de emergencia de patógenos que afecten a la población humana. De esta forma, para la industria del ecoturismo por ejemplo, el conocimiento de los parásitos de la fauna silvestre permitirá evaluar el impacto potencial que estos pueden tener sobre el hombre y, de igual manera, el impacto que los parásitos humanos puedan tener sobre la fauna silvestre de las regiones destinadas para tal actividad. Igualmente, el establecimiento de las llamadas zonas de amortiguamiento alrededor de las reservas de la biosfera, debe considerar el potencial impacto de los parásitos de animales domésticos hacia la fauna silvestre y viceversa.

Manter (1966) fue uno de los primeros parasitólogos de las generaciones "modernas" en reconocer a estos organismos como elementos clave para comprender la historia de la biota, al establecer su importancia como indicadores filogenéticos, ecológicos y biogeográficos de sus grupos de hospederos, aunque previamente autores como Von Ihering, Metcalf, Kellog y otros, habían sugerido aspectos similares a principios del siglo XX. Así, los helmintos han sido utilizados como pruebas contemporáneas de biodiversidad, y como organismos que permiten monitorear el estado de los ecosistemas, puesto que su presencia o ausencia hace posible inferir la riqueza de vertebrados e invertebrados en un hábitat particular, mediante el conocimiento de sus ciclos biológicos; de igual manera, la ausencia de ciertos helmintos o la presencia de otros puede ser indicativa del estrés de un hospedero individual, lo que a menudo refleja las alteraciones ambientales.

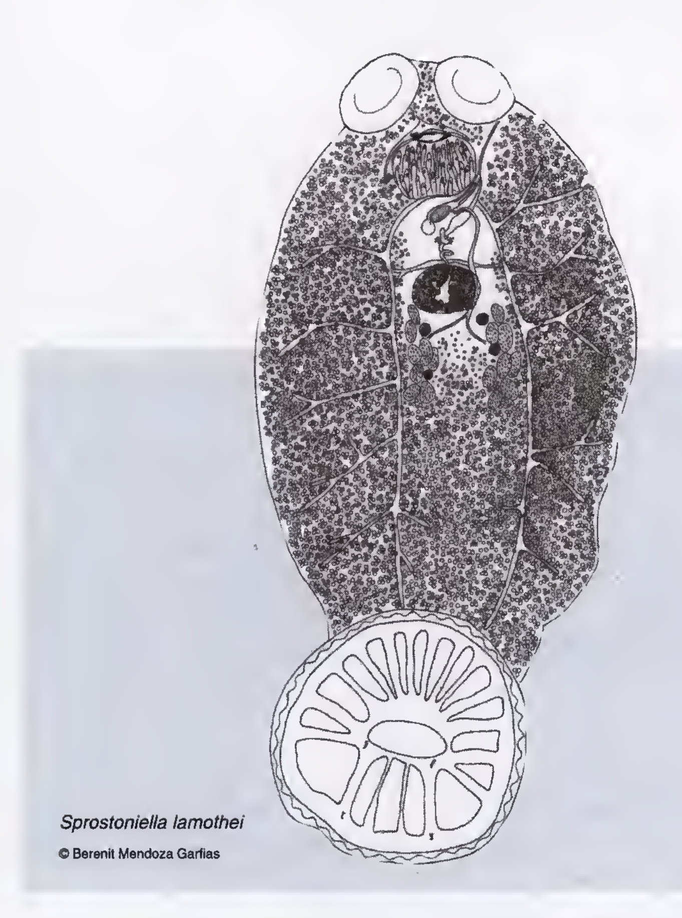
El futuro

A partir de lo referido anteriormente, resulta innegable que los parásitos forman un componente de gran importancia en términos de diversidad biológica; no obstante, en muchas ocasiones su aspecto y forma de vida han propiciado su exclusión de las iniciativas que sobre biodiversidad y conservación de recursos naturales se desarrollan. Lo anterior es un hecho desafortunado, pues en primera instancia, por la simple riqueza específicaque exhiben, deberían ser considerados junto con grupos "carismáticos" como los mamíferos, las aves y las mariposas (entre otros), como una parte importante de la diversidad que nos rodea.

Por otra parte, los parásitos pueden constituir por sí mismos un elemento clave para el estudio de la diversidad biológica y la comprensión de cómo ésta se encuentra organizada, factores indispensables para el uso sustentable de los recursos bióticos. Sin embargo, nuestro planteamiento no pretende señalar a estos organismos como la única o la mejor fuente de información, sino resaltar que el estudio de los parásitos y, en general, el de la asociación parásito-hospedero, constituye un valioso elemento que debe ser considerado al tomar decisiones con respecto a la conservación y el manejo de la diversidad biológica.

Nuestro programa de investigación pretende ser acorde con el planteamiento referido en el sentido de que buscamos continuar inventariando la diversidad de helmintos que parasitan a vertebrados silvestres de México y, al mismo tiempo, llevamos a cabo estudios particulares sobre la filogenia y biogeografía de algunos taxones de helmintos. Se busca así entender la historia de las asociaciones parásito-hospedero, como un medio para aportar información sobre los hospederos a los que parasitan y las regiones donde ambos asociados habitan, que en nuestra opinión

Los parásitos pueden constituir por sí mismos un elemento clave para el estudio de la diversidad biológica y la comprensión de cómo ésta se encuentra organizada.



Sprostoniella lamothei

© Berenit Mendoza Garfias

debería ser tomada en cuenta en iniciativas sobre biodiversidad y conservación. Al respecto, debemos puntualizar que el conocimiento de los parásitos que infectan a un hospedero o grupos de hospederos es un fuerte indicio de las relaciones tróficas en un ecosistema, pues podemos conocer de qué organismos se alimenta el hospedero y a cuáles sirve de alimento, con lo cual el parásito podría completar su ciclo de vida. Asimismo, podemos establecer las preferencias y patrones de alimentación de los hospederos, los posibles patrones de migración y, finalmente, valorar el riesgo del surgimiento de enfermedades que afecten a la población humana. Con base en todo lo anterior reiteramos nuestra opinión de que el estudio de los parásitos debería ser considerado como un elemento importante en iniciativas futuras en las que se pretenda inventariar la biodiversidad de una región geográfica determinada, constituyendo un trabajo paralelo al que se realiza con los hospederos en dichas regiones.

*Laboratorio de Helmintología, Instituto de Biología, UNAM

Bibliografía

Anónimo. 1994. *Systematics Agenda 2000: Charting the Biosphere.* Technical Report. American Society of Plant Taxonomists, Society of Systematic Biologists, Willi Hennig Society, Association of Systematic Collections. E.U.A., 33 pp.

Brooks, R.D. y D. McLennan. 1993. Parascript. *Parasites and the Languaje of Evolution.* Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 429 pp.

Brooks, R.D. y E.P. Hoberg. 2000. Triage for the biosphere: The need and rationale for taxonomic inventories and phylogenetic studies of parasites. *Comp. Parasitol.* 67(1): 1-25.

Brooks, R.D., V. León-Règagnon y G. Pérez-Ponce de León. 2001. Los parásitos y la biodiversidad. En: H.M. Hernández , A.N. García-Aldrete, M. Ulloa, y F. Álvarez (comps.), *Enfoques contemporáneos para el estudio de la biodiversidad.* Instituto de Biología, UNAM, Fondo de Cultura Económica, México.

Davis, G. 1995. Systematics and public health. *Bioscience* 45: 705-714.

Dobson, A.P. y H. McCallum. 1997. The role of parasites in bird conservation: pp. 155-173. En: D. Clayton y J. Moore (eds). *Host-Parasite Evolution. General Principles & Avian Models.* Oxford University Press, Oxford.

Esch, G.W. y J.C. Fernández. 1993. *A Functional Biology of Parasitism.* Chapman and Hall, Londres, 337 pp.

Gardner, S.L. y M. Campbell. 1992. Parasites as probes of biodiversity. *J. Parasitol.* 78(4): 596-600.

Hoberg, E.P. 1997a. Phylogeny and historical reconstruction: Host-parasite systems as keystones in biogeography and ecology, pp. 243-261. En: M. Reaka-Kudla, D.E. Wilson y E.O. Wilson (eds.) *Bodiversity II. Understanding and Protecting our Biological Resources.* Joseph Henry Press, Washington, D.C.

Hoberg, E.P. 1997b. Parasite biodiversity and emerging pathogens: A role for systematics in limiting impacts on genetic resources, pp. 71-83. En: K. Hoagland y A.Y. Rossman (eds.). *Global Genetic Resources: Access, Ownership, and Intellectual Property Rigths.* Association for Systematics Collections, E.U.A.

Manter, H.W. 1966. Parasites of fishes as biological indicators of recent and ancient conditions, pp. 59-71. En: J.E. McCauyley (ed.). *Host-Parasite Relationships.* Oregon State University Press, Corvallis.

Overstreet, R. 1997. Parasitological data as monitors of environmental health. *Parasitologia* 39: 169-175.

Price, P. W. 1980. *Evolutionary Biology of Parasites.* Princeton University Press, Nueva Jersey, 237 pp.

Reaka-Kudla, M., D.O. Wilson y E.O Wilson. 1996. *Biodiversity II. Understanding and Protecting Biological Resources.* Joseph Henry Press, Washington, D.C., 551 pp.

Scott, M.E. 1988. The impact of infection and disease on animal populations: Implications for conservation biology. *Conserv. Biol.* 2: 40-56.

HUELLAS Y OTROS RASTROS DE LOS MAMÍFEROS GRANDES Y MEDIANOS DE MÉXICO

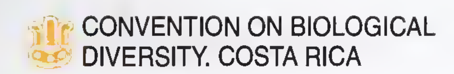


EDITADO por el Instituto de Ecología, A. C. y la CONABIO, recientemente se publicó el libro *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*, de Marcelo Aranda. Este libro constituye una nueva edición de la ya agotada obra que apareció por primera vez hace casi 20 años.

En la introducción, el autor nos explica la importancia del rastreo como un método para aprender sobre la biología de los animales: "…la clave para una correcta identificación e interpretación es el conocimiento de la biología de los animales; pero a la vez, una correcta identificación e interpretación puede aportar nuevos conocimientos; es una situación de retroalimentación."

El libro está dividido en tres capítulos: en el primero se analizan aspectos importantes para la identificación e interpretación correcta de las huellas de los mamíferos, como son la marcha, el terreno, las condiciones ambientales y la colecta. En el segundo capítulo se analizan los usos y las limitaciones de la actividad de rastrear como un método de estudio de los mamíferos silvestres y, finalmente, en el tercer capítulo se hace un análisis de los rastros de 106 especies de mamíferos. Para cada una de ellas se presenta información básica, como son sus nombres comunes, la descripción del animal, su hábitat, su distribución general y en México, y su biología, así como un análisis detallado y claramente ilustrado de sus rastros; cada especie incluye también una ilustración del animal. El libro tiene, además, un apéndice con los mapas de distribución en México de las especies estudiadas en la obra.

Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México constituye, sin duda, una aportación importante para el estudio de la mastozoología en México; es un libro en el cual, tanto investigadores y estudiantes, como aficionados al estudio de los animales, encontrarán información valiosa y muy interesante.



CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY. COSTA RICA

Global Taxonomy Initiative Regional Meeting in Central America, San José de Costa Rica, Costa Rica

Del 5 al 8 de febrero de 2001

Informes: Mr. Hamdallah Zedan
Executive Secretary
Secretariat of the Convention on Biological Diversity
Tel: 514 288 2220
Fax: 514 288 6588
Correo e: secretariat@biodiv.org
Web: http://www.biodiv.org



INTERNATIONAL CENTRE FOR GENETIC ENGINEERING AND BIOTECHNOLOGY. TRIESTE, ITALIA

Introduction to Biosafety and Risk Assessment for the Environmental Release of Genetically Modified Organism (GMOs): Theoretical Approach and Scientific Background. Trieste, Italy

Del 5 al 9 de marzo de 2001

Informes: Dr. Giovanni Ferraiolo
Tel: (39 040) 375 7364
Fax: (39 040) 226555
Correo e: ferraiol@icgeb.trieste.it
Web: http://www.icgeb.trieste.it/biosafety



THE ASSOCIATION FOR THE ENVIRONMENTAL HEALTH OF SOILS (AEHS) AND THE NAVY. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

11th Annual West Coast Conference on Contaminated Soils, Sediments and Water. San Diego, California

Del 19 al 22 de marzo de 2001

Informes: Marc Nascarella
Tel.: 413 549 5170
Correo e: marc@aehs.com
Web: http://www.aehs.com/conferences

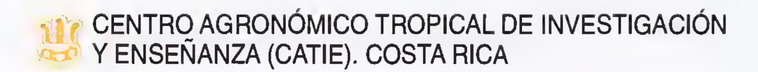


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA, FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS, INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOGRÁFICAS. MÉXICO

VIII Congreso Nacional y II Simposium Internacional sobre el Mar de Cortés. Baja California, México

Del 29 de mayo al 1 de junio de 2001

Informes: Ocean. Luis E. Aguilar Rosas y
Dr. Eduardo Santamaría del Ángel
Correo e: aimac@faro.ens.uabc.mx
Web: http://aimac.ens.uabc.mx



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA (CATIE). COSTA RICA

Simposio Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles y II Congreso sobre Agroforestería y Producción Ganadera en América Latina. Costa Rica

Del 3 al 7 de abril de 2001

Informes: Ariadne Jiménez
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Apdo. 44, 7170 Turrialba, Costa Rica.
Tel. 506 556 1789 o 506 556 7830
Fax. 506 556 1576 o 506 556 7766
Correo e: ajimenez@catie.ac.cr



COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD

La CONABIO es una comisión intersecretarial dedicada a coordinar y establecer un sistema de inventarios biológicos del país, promover proyectos de uso de los recursos naturales que conserven la diversidad biológica y difundir en los ámbitos nacional y regional el conocimiento sobre la riqueza biológica del país y sus formas de uso y aprovechamiento.

SECRETARIO TÉCNICO: Víctor Lichtinger — COORDINADOR NACIONAL: José Sarukhán Kermez
SECRETARIO EJECUTIVO: Jorge Soberón Mainero — DIRECTOR DE SERVICIOS EXTERNOS: Hesiquio Benítez Díaz



COORDINADOR: Fulvio Eccardi ASISTENTE: Rosalba Becerra
CORREO E: biodiversitas@xolo.conabio.gob.mx
DISEÑO: Luis Almeida, Ricardo Real PRODUCCIÓN: BioGraphica
Liga Periférico Sur-Insurgentes 4903, Col. Parques del Pedregal, 14010 México, D.F.
Tel. 5528 9100, fax 5528 9125, http://www.conabio.gob.mx
Registro en trámite